

Eurocode 5

Conception et calcul des structures bois

Partie 2 : Ponts

Norme Marocaine homologuée

Par décision du Directeur de l'Institut Marocain de Normalisation N°.....du 2019,
publiée au B.O. N° du 2020.

Correspondance

La présente norme nationale est identique à l'EN 1995-2:2004.

est reproduite avec la permission du CEN, Avenue Marnix 17, B-1000 Bruxelles.

Tous droits d'exploitation des Normes Européennes sous quelque forme que ce soit et par tous moyens sont réservés dans le monde entier au CEN et à ses Membres Nationaux, et aucune reproduction ne peut être engagée sans permission explicite et par écrit du CEN par l'IMANOR.

Droits d'auteur

Droit de reproduction réservés sauf prescription différente aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé électronique ou mécanique y compris la photocopie et les microfilms sans accord formel. Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients de l'IMANOR, Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit, même partielle, sont strictement interdites.

Avant-Propos National

L'Institut Marocain de Normalisation (IMANOR) est l'Organisme National de Normalisation. Il a été créé par la Loi N° 12-06 relative à la normalisation, à la certification et à l'accréditation sous forme d'un Etablissement Public sous tutelle du Ministère chargé de l'Industrie et du Commerce.

Les normes marocaines sont élaborées et homologuées conformément aux dispositions de la Loi N° 12-06 susmentionnée.

La présente norme marocaine a été reprise de la norme européenne EN conformément à l'accord régissant l'affiliation de l'Institut Marocain de Normalisation (IMANOR) au Comité Européen de Normalisation (CEN).

Tout au long du texte du présent document, lire « ... la présente norme européenne ... » avec le sens de « ... la présente norme marocaine... ».

Toutes les dispositions citées dans la présente norme, relevant du dispositif réglementaire européen (textes réglementaires européens, directives européennes, étiquetage et marquage CE, ...) sont remplacés par les dispositions réglementaires ou normatives correspondantes en vigueur au niveau national, le cas échéant.

La présente norme marocaine NM EN 1995-2 a été examinée et adoptée par la Commission de Normalisation des bases de calcul des constructions (077).

NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD

EN 1995-2

Novembre 2004

ICS : 91.010.30 ; 91.080.20 ; 93.040

Remplace ENV 1995-2:1997

Version française

**Eurocode 5 —
Conception et calcul des structures bois —
Partie 2 : Ponts**

Eurocode 5 — Bemessung und Konstruktion
von Holzbauten — Teil 2: Brücken

Eurocode 5 — Design of timber structures —
Part 2: Bridges

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 26 août 2004.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Centre de Gestion ou auprès des membres du CEN.

La présente Norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale et notifiée au Centre de Gestion, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

Centre de Gestion : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles

Sommaire

	Page
Avant-propos	4
Section 1 Généralités	8
1.1 Domaine d'application	8
1.1.1 Domaine d'application de la norme EN 1995	8
1.1.2 Domaine d'application de la norme EN 1995-2	8
1.2 Références normatives	9
1.3 Hypothèses	9
1.4 Distinction entre principes et règles d'application	9
1.5 Définitions	9
1.5.1 Généralités	9
1.5.2 Autres termes et définitions utilisés dans la norme EN 1995-2	9
1.6 Symboles utilisés dans l'EN 1995-2	11
Section 2 Bases de conception et calcul	14
2.1 Exigences de bases	14
2.2 Principes de calcul aux états limites	14
2.3 Variables de base	14
2.3.1 Actions et influences de l'environnement	14
2.4 Vérification par la méthode des coefficients partiels	14
2.4.1 Valeur de calcul d'une propriété de matériau	14
Section 3 Propriétés des matériaux	16
Section 4 Durabilité	17
4.1 Bois	17
4.2 Résistance à la corrosion	17
4.3 Protection par étanchéité des tabliers bois	17
Section 5 Bases de l'analyse de structure	18
5.1 Dalles lamellées	18
5.1.1 Généralités	18
5.1.2 Charges verticales concentrées	18
5.1.3 Analyse simplifiée	19
5.2 Éléments mixtes	20
5.3 Éléments bois-béton	20
Section 6 États limites ultimes	21
6.1 Tabliers	21
6.1.1 Effet système	21
6.1.2 Dalles précontraintes	22
6.2 Fatigue	23
Section 7 États limites de service	24
7.1 Généralités	24
7.2 Valeurs limites pour les flèches	24
7.3 Vibrations	24
7.3.1 Vibrations induites par les piétons	24
7.3.2 Vibrations induites par le vent	24
Section 8 Assemblages	25
8.1 Généralités	25
8.2 Connexions bois-béton pour les poutres mixtes	25
8.2.1 Organes de type tige sollicités latéralement	25
8.2.2 Liaisons clavetées	25

Sommaire (fin)

	Page
Section 9 Détails structuraux et contrôle	26
Annexe A (informative) Vérification à la fatigue	27
A.1 Généralités	27
A.2 Sollicitation de fatigue	27
A.3 Justifications	28
Annexe B (informative) Vibrations induites par les piétons	30
B.1 Généralités	30
B.2 Vibrations verticales	30
B.3 Vibrations horizontales	31

PROJET DE NORME MAROCAINE

Avant-propos

Le présent document a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 250 «Eurocodes Structuraux», dont le Secrétariat est tenu par BSI.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en mai 2005, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en mars 2010.

Cette norme annule et remplace la norme expérimentale ENV 1995-2:1997.

Le CEN/TC 250 est responsable de tous les Eurocodes Structuraux.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

Origine du programme des Eurocodes

En 1975 la Commission des Communautés Européennes arrêta un programme d'actions dans le domaine de la construction, sur la base de l'article 95 du Traité. L'objectif du programme était l'élimination d'obstacles aux échanges et l'harmonisation des spécifications techniques.

Dans le cadre de ce programme d'actions, la Commission prit l'initiative d'établir un ensemble de règles techniques harmonisées pour le dimensionnement des ouvrages ; ces règles, en un premier stade, serviraient d'alternative aux règles nationales en vigueur dans les États Membres et, finalement, les remplaceraient.

Pendant quinze ans la Commission, avec l'aide d'un Comité Directeur comportant des représentants des États Membres, pilota le développement du programme des Eurocodes, ce qui conduisit au cours des années 80 à la première génération de codes européens.

En 1989 la Commission et les États Membres de l'Union Européenne et de l'AELE décidèrent, sur la base d'un accord ¹⁾ entre la Commission et le CEN, de transférer au CEN par une série de Mandats la préparation et la publication des Eurocodes, afin de leur donner par la suite un statut de normes européennes (EN). Ceci établit de facto un lien entre les Eurocodes et les dispositions de toutes les Directives du Conseil et/ou Décisions de la Commission traitant de normes européennes (par exemple la Directive du Conseil 89/106 CEE sur les produits de la construction — DPC — et les Directives du Conseil 93/37/CEE, 92/50/CEE et 89/440/CEE sur les travaux et services publics ainsi que les Directives équivalentes de l'AELE destinées à la mise en place du marché intérieur).

Le programme des Eurocodes Structuraux comprend les normes suivantes, chacune étant en général constituée d'un certain nombre de Parties :

EN 1990	Eurocode	: Bases de calcul des structures
EN 1991	Eurocode 1	: Actions sur les structures
EN 1992	Eurocode 2	: Calcul des structures en béton
EN 1993	Eurocode 3	: Calcul des structures en acier
EN 1994	Eurocode 4	: Calcul des structures mixtes acier-béton
EN 1995	Eurocode 5	: Calcul des structures en bois
EN 1996	Eurocode 6	: Calcul des structures en maçonnerie
EN 1997	Eurocode 7	: Calcul géotechnique
EN 1998	Eurocode 8	: Calcul des structures pour leur résistance aux séismes
EN 1999	Eurocode 9	: Calcul des structures en aluminium

Les normes Eurocodes reconnaissent la responsabilité des autorités réglementaires dans chaque État Membre et ont sauvé le droit de celles-ci de déterminer, au niveau national, des valeurs relatives aux questions réglementaires de sécurité, là où ces valeurs continuent à différer d'un État à l'autre.

Statut et domaine d'application des Eurocodes

Les États Membres de l'UE et de l'AELE reconnaissent que les Eurocodes servent de documents de référence pour les usages suivants :

- comme moyen de prouver la conformité des bâtiments et des ouvrages de génie civil aux exigences essentielles de la Directive du Conseil 89/106/CEE, en particulier à l'Exigence Essentielle N° 1 — Stabilité et résistance mécanique — et à l'Exigence Essentielle N° 2 — Sécurité en cas d'incendie ;
- comme base de spécification des contrats pour les travaux de construction et les services techniques associés ;
- comme cadre d'établissement de spécifications techniques harmonisées pour les produits de construction (EN et ATE).

1) Accord entre la Commission des Communautés Européennes et le Comité Européen pour la Normalisation (CEN) concernant le travail sur les EUROCODES pour le dimensionnement des ouvrages de bâtiment et de génie civil (BC/CEN/03/89).

Les Eurocodes, dans la mesure où les ouvrages eux-mêmes sont concernés par eux, ont une relation directe avec les Documents Interprétatifs ²⁾ visés à l'article 12 de la DPC, quoiqu'ils soient d'une nature différente de celle des normes harmonisées de produits ³⁾. En conséquence, les aspects techniques résultant des travaux effectués pour les Eurocodes nécessitent d'être pris en considération de façon adéquate par les Comités Techniques du CEN et/ou les groupes de travail de l'EOTA travaillant sur les normes de produits en vue de parvenir à une complète compatibilité de ces spécifications techniques avec les Eurocodes.

Les normes Eurocodes fournissent des règles de conception structurale communes d'usage quotidien pour le calcul des structures entières et des produits composants de nature traditionnelle ou innovatrice. Les formes de construction ou les conceptions inhabituelles ne sont pas spécifiquement couvertes, et il appartiendra en ces cas au concepteur de se procurer des bases spécialisées supplémentaires.

Normes nationales transposant les Eurocodes

Les normes nationales transposant les Eurocodes comprendront la totalité du texte des Eurocodes (toutes annexes incluses), tel que publié par le CEN ; ce texte peut être précédé d'une page nationale de titres et par un Avant-Propos National, et peut être suivi d'une Annexe Nationale.

L'Annexe Nationale peut seulement contenir des informations sur les paramètres laissés en attente dans l'Eurocode pour choix national, sous la désignation de Paramètres Déterminés au niveau National, à utiliser pour les projets de bâtiments et ouvrages de génie civil à construire dans le pays concerné ; il s'agit :

- de valeurs et/ou des classes là où des alternatives figurent dans l'Eurocode ;
- de valeurs à utiliser là où seul un symbole est donné dans l'Eurocode ;
- de données propres à un pays (géographiques, climatiques, etc.), par exemple carte de neige ;
- de la procédure à utiliser là où des procédures alternatives sont données dans l'Eurocode ;

Il peut aussi contenir :

- des décisions sur l'usage des Annexes informatives ;
- des références à des informations complémentaires non contradictoires pour aider l'utilisateur à appliquer l'Eurocode.

Liens entre les Eurocodes et les spécifications techniques harmonisées (EN et ATE) pour les produits

La cohérence est nécessaire entre les spécifications techniques harmonisées pour les produits de construction et les règles techniques pour les ouvrages ⁴⁾. En outre, toute information accompagnant la Marque CE des produits de construction, se référant aux Eurocodes, doit clairement faire apparaître quels Paramètres Déterminés au niveau National ont été pris en compte.

2) Selon l'article 3.3 de la DPC, les exigences essentielles (E.E.) doivent recevoir une forme concrète dans des Documents Interprétatifs (DI) pour assurer les liens nécessaires entre les exigences essentielles et les mandats pour normes européennes (EN) harmonisées et guides pour les agréments techniques européens (ATE), et ces agréments eux-mêmes.

3) Selon l'article 12 de la DPC, les documents interprétatifs doivent :

- a) donner une forme concrète aux exigences essentielles en harmonisant la terminologie et les bases techniques et en indiquant, lorsque c'est nécessaire, des classes ou niveaux pour chaque exigence ;
- b) indiquer des méthodes pour relier ces classes ou niveaux d'exigences avec les spécifications techniques, par exemple méthodes de calcul et d'essai, règles techniques pour la conception, etc. ;
- c) servir de référence pour l'établissement de normes harmonisées et de guides pour agréments techniques européens.

Les Eurocodes, de facto, jouent un rôle similaire pour l'E.E.1 et une partie de l'E.E.2.

4) Voir le paragraphe et l'article 12 de la DPC, ainsi que les clauses 4.2, 4.3.1, 4.3.2 et 5.2 du DI 1.

Informations additionnelles spécifiques à l'EN 1995-2

L'EN 1995 décrit les principes et les exigences pour la sécurité, l'aptitude au service et la durabilité des ponts bois. Elle est fondée sur le concept d'état-limite, utilisé conjointement avec une méthode des coefficients partiels.

Pour le calcul des structures à construire, l'EN 1995-2 est destinée à être appliquée directement, de façon conjointe avec l'Eurocode EN 1990:2002 et EN 1995-1-1 et les parties applicables de EN 1991.

Des valeurs numériques de coefficients partiels et d'autres paramètres de la fiabilité sont recommandées comme valeurs de base pour fournir un niveau de fiabilité acceptable. Elles ont été choisies en admettant qu'un niveau suffisant de respect des règles de l'art en matière d'exécution, et de gestion de la qualité, s'applique. Lorsque l'EN 1995-2 est employée comme document de base par d'autres TC du CEN, les mêmes valeurs doivent être utilisées.

Annexe Nationale pour l'EN 1995-2

La présente norme donne des procédures alternatives et des valeurs, et recommande des classes, avec des Notes indiquant où des choix nationaux peuvent devoir être faits. C'est pourquoi il convient de doter la Norme Nationale transposant l'EN 1995-2 d'une Annexe Nationale contenant tous les Paramètres Déterminés au niveau National à utiliser pour le dimensionnement de ponts bois à construire dans le pays concerné.

Un choix national est autorisé par l'EN 1995-2 en :

- 2.3.1.2(1) Affectation des charges aux classes de durée de chargement
- 2.4.1 Coefficient partiels pour les propriétés des matériaux
- 7.2 Valeurs limites pour les flèches
- 7.3.1(2) Coefficients d'amortissement

Section 1 Généralités

1.1 Domaine d'application

1.1.1 Domaine d'application de la norme EN 1995

(1)P La norme EN 1995 s'applique au calcul des bâtiments et ouvrages de génie civil en bois (bois massif, scié, raboté ou sous forme de poteau, bois lamellé collé ou produits structuraux à base de bois par exemple LVL) ou panneaux à base de bois assemblés avec des adhésifs ou des organes mécaniques. Il est conforme aux principes et exigences relatifs à la sécurité et l'aptitude au service des structures, ainsi qu'aux bases de leur calcul et vérification qui sont données dans l'EN 1990:2002.

(2)P La norme EN 1995 traite uniquement des exigences relatives à la résistance mécanique, l'aptitude au service, la durabilité et la résistance au feu des structures en bois. D'autres exigences, par exemple concernant l'isolation thermique ou acoustique, ne sont pas considérées.

(3) La norme EN 1995 est destinée à être utilisée conjointement avec :

EN 1990:2002 Eurocode — Basis du calcul structural

EN 1991 «Actions sur les structures»

Les EN pour les produits de construction utilisés dans les structures bois

EN 1998 «Calcul des structures pour la résistance aux séismes», lorsque les structures en bois sont construites dans des régions sismiques.

(4) La norme EN 1995 est divisée en deux parties :

EN 1995-1 Généralités

EN 1995-2 Ponts.

(5) La norme EN 1995-1 «Généralités» comprend :

EN 1995-1-1 Généralités — Règles générales et règles pour les bâtiments

EN 1995-1-2 Généralités — Calcul des structures au feu.

1.1.2 Domaine d'application de la norme EN 1995-2

(1) La norme EN 1995-2 donne les règles générales pour la conception des composants structuraux des ponts, par exemple les éléments porteurs conditionnant la fiabilité du pont ou de ses parties principales, qu'ils soient en bois ou autres matériaux dérivés du bois, utilisés isolément ou en association avec du béton, du métal ou tout autres matériaux.

(2) Les sujets suivants sont traités dans la norme EN 1995-2 :

— Section 1 : Généralités

— Section 2 : Bases de calcul

— Section 3 : Propriétés des matériaux

— Section 4 : Durabilité

— Section 5 : Bases de l'analyse de structure

— Section 6 : États limites ultimes

— Section 7 : États limites de service

— Section 8 : Assemblages

— Section 9 : Détails structuraux et contrôle

(3) Les sections 1 et 2 définissent également des clauses additionnelles à celles données dans la norme EN 1990:2002 «Eurocode : Bases du calcul structural».

(4) En l'absence de spécifications données ci-après, la norme EN 1995-1-1 s'applique.

1.2 Références normatives

(1) Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, au travers de références dans ce texte, constituent des dispositions de cette norme européenne. Pour les références datées, les amendements ou révisions consécutifs à l'une de ces publications ne s'appliquent pas. Par contre, des parties d'agrément basées sur cette norme européenne sont encouragées à étudier la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-dessous. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif référencé s'applique.

Normes européennes :

EN 1990:2002, *Eurocode — Basis du calcul structural.*

EN1990:2002/A1, *Eurocode — Basis du calcul structural/Amendement A1 — Annexe A2 : Application aux ponts.*

EN 1991-1-4, *Eurocode 1 : Actions sur les structures — Partie 1-4 : Actions du vent.*

EN 1991-2, *Eurocode 1 : Actions sur les structures — Partie 2 : Charges de trafic sur les ponts.*

EN 1992-1-1, *Eurocode 2 : Calcul des structures en béton — Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments.*

EN 1992-2, *Eurocode 2 : Calcul des structures en béton — Partie 2 : Ponts.*

EN 1993-2, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 2 : Ponts.*

EN 1995-1-1, *Eurocode 5 : Calcul des structures bois — Partie 1-1 : Généralités — Règles générales et règles pour les bâtiments.*

EN 10138-1, *Armatures de précontrainte — Partie 1 : Exigences générales.*

EN 10138-4, *Armatures de précontrainte — Partie 4 : Barres.*

1.3 Hypothèses

(1) Des exigences additionnelles sont données dans la section 9 pour l'exécution, la maintenance et le contrôle.

1.4 Distinction entre principes et règles d'application

(1) Voir 1.4(1)P de l'EN 1995-1-1.

1.5 Définitions

1.5.1 Généralités

(1) P Les définitions des normes EN 1990:2002 article 1.5 et l'EN 1995-1-1 article 1.5 s'appliquent.

1.5.2 Autres termes et définitions utilisés dans la norme EN 1995-2

1.5.2.1

Liaison clavetée

Assemblage travaillant en cisaillement par contact d'un élément inséré dans une seconde pièce. Les parties en contact sont normalement maintenues par des organes d'assemblages mécaniques.

NOTE Un exemple d'assemblage par entaille est présenté sur la figure 1.1.

1.5.2.2

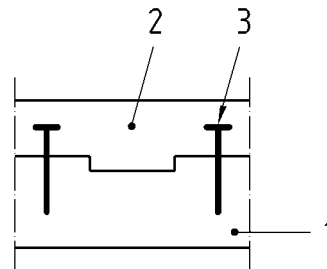
Dalle lamellée

Dalle de tablier constituée de lamelles disposées côte à côte et assemblées par organes mécaniques ou par collage, voir figure 1.2 et 1.3.

1.5.2.3

Dalle lamellée précontrainte

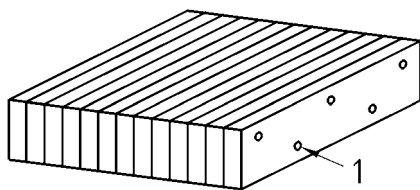
Dalle de tablier constituée d'avivés ou d'éléments rabotés disposés côte à côte et maintenus ensemble par précontrainte, voir figure 1.2.b, c et d.



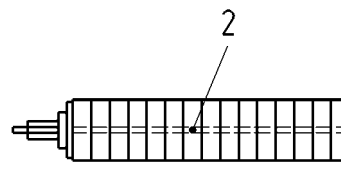
Légende

- 1 Bois
- 2 Béton
- 3 Organe d'assemblage

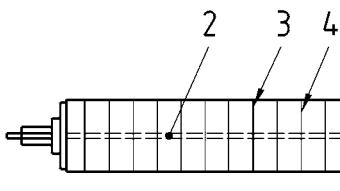
Figure 1.1 — Exemple de liaison clavetée



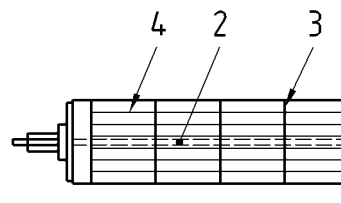
a) Lamellée clouée ou lamellée vissée



b) Précontrainte, sans collage



c) Poutres lamellées collées disposées à plat avec collage et précontrainte



d) Poutres lamellées collées disposées côte à côte avec collage et précontrainte

Légende

- 1 Pointe ou vis
- 2 Barre ou câble de précontrainte
- 3 Joint de collage entre éléments en bois lamellé-collé
- 4 Joint de collage entre lamelles d'éléments en bois lamellé-collé

Figure 1.2 — Exemples de dalle avec des lamelles disposées latéralement

1.5.2.4**Dalle lamellée croisée**

Dalle de tablier constituée de lamelles en couches superposées dont la direction du fil est variable (directions orthogonales ou faisant un angle quelconque). Les couches sont assemblées par collage ou par organes mécaniques, voir figure 1.3.

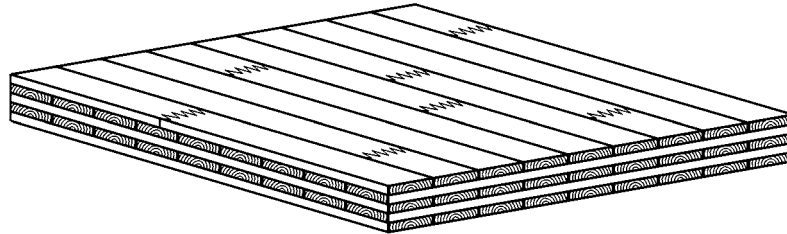


Figure 1.3 — Exemple de dalle lamellée croisée avec lamelles superposées

1.5.2.5**Précontrainte**

Effet permanent dû à des sollicitations et/ou des déformations contrôlées imposées à la structure.

NOTE Un exemple correspond à la précontrainte transversale des hourdis de tablier à l'aide de barres ou de câbles, voir figure 1.2 b à d.

1.6 Symboles utilisés dans l'EN 1995-2

Dans le cadre de cette partie 1-1 de l'EN 1995, les symboles suivants s'appliquent.

Symboles majuscules latins

A	Aire du tablier du pont
$E_{0,mean}$	Valeur moyenne du module d'élasticité longitudinal
$E_{90,mean}$	Valeur moyenne du module d'élasticité transversal
F	Force
F_{Ed}	Valeur de calcul de l'effort de traction entre le bois et le béton
$F_{v,Ed}$	Valeur de calcul de l'effort de cisaillement entre le bois et le béton
$G_{0,mean}$	Valeur moyenne du module de cisaillement longitudinal
$G_{90,mean}$	Valeur moyenne du module de cisaillement (cisaillement roulant)
M	Masse totale du pont
M_{beam}	Moment de flexion dans la poutre équivalente à une plaque
$M_{max,beam}$	Valeur maximale du moment de flexion dans la poutre équivalente à une plaque
N_{obs}	Nombre de cycles de contrainte d'amplitude constante par an
R	Taux de contraintes

Symboles minuscules latins

a	Distance ; coefficient de fatigue
$a_{hor,1}$	Accélération horizontale due à une personne traversant le pont
$a_{hor,n}$	Accélération horizontale due à plusieurs personnes traversant le pont
$a_{vert,1}$	Accélération verticale due à une personne traversant le pont
$a_{vert,n}$	Accélération verticale due à plusieurs personnes traversant le pont
b	Coefficient de fatigue
b_{ef}	Largeur efficace
$b_{ef,c}$	Largeur efficace totale du hourdis en béton
$b_{ef,1}, b_{ef,2}$	Largeurs efficaces du hourdis en béton
b_{lam}	Largeur de la lamelle
b_w	Largeur de la surface chargée en surface du tablier
$b_{w,middle}$	Largeur de la surface chargée au niveau du feuillet moyen du tablier
d	Diamètre ; diamètre extérieur d'une barre ; distance
h	Hauteur de la poutre ; épaisseur du hourdis
$f_{c,90,d}$	Valeur de calcul de la résistance en compression transversale
$f_{fat,d}$	Valeur de calcul de la résistance en fatigue
f_k	Résistance caractéristique
$f_{m,d,deck}$	Valeur de calcul de la résistance en flexion du tablier
$f_{v,d,deck}$	Valeur de calcul de la résistance en cisaillement du tablier
$f_{m,d,lam}$	Valeur de calcul de la résistance en flexion des lamelles
$f_{v,d,lam}$	Valeur de calcul de la résistance en cisaillement des lamelles
f_{vert}, f_{hor}	Fréquence fondamentale de vibrations verticale et horizontale
$k_{c,90}$	Facteur pour la résistance en compression transversale
k_{fat}	Facteur de réduction de la résistance selon le nombre de cycles de chargement
k_{hor}	Coefficient
k_{mod}	Facteur de modification
k_{sys}	Facteur système
k_{vert}	Coefficient
l	Portée
l_1	Distance
m	Masse ; masse par unité de longueur
m_{plate}	Moment de flexion dans une plaque par unité de longueur
$m_{max,plate}$	Moment maximal de flexion dans une plaque
n	Nombre de lamelles chargées ; nombre de piétons
n_{ADT}	Valeur moyenne annuelle du trafic escomptée au cours de la durée de référence de l'ouvrage
t	Temps ; épaisseur des lamelles
t_L	Durée d'utilisation de la structure en années

Symboles grecs minuscules

α	Pourcentage estimé à partir des enregistrements de poids lourds traversant le pont
β	Facteur associé aux conséquences d'un endommagement; angle de diffusion des contraintes
γ_M	Coefficient partiel pour les propriétés du matériau bois, intégrant les incertitudes de la modélisation et les variations dimensionnelles
$\gamma_{M,c}$	Coefficient partiel pour les propriétés du matériau béton, intégrant également les incertitudes de la modélisation et les variations dimensionnelles
$\gamma_{M,s}$	Coefficient partiel pour les propriétés du matériau acier, intégrant également les incertitudes de la modélisation et les variations dimensionnelles
$\gamma_{M,v}$	Coefficient partiel pour les assembleurs en cisaillement
$\gamma_{M,fat}$	Coefficient partiel pour les vérifications en fatigue des matériaux
κ	Taux
ρ_{mean}	Valeur de calcul de la résistance en flexion du hourdis
μ_d	Valeur de calcul du coefficient de frottement
$\sigma_{d,max}$	Valeur maximale des contraintes de calcul pour les cas de chargement en fatigue
$\sigma_{d,min}$	Valeur minimale des contraintes de calcul pour les cas de chargement en fatigue
$\sigma_{p,min}$	Valeur minimale des contraintes de compression résiduelles à long terme dues à la précontrainte
ζ	Coefficient d'amortissement

PROJET DE NORME MAROCAINE

Section 2 Bases de conception et calcul

2.1 Exigences de bases

(1) P Le calcul des ponts bois doit être en accord avec les règles de l'EN 1990:2002.

2.2 Principes de calcul aux états limites

(1) Voir l'article 2.2 de l'EN 1995-1-1.

2.3 Variables de base

2.3.1 Actions et influences de l'environnement

2.3.1.1 Généralités

(1) Il convient d'établir les actions à utiliser dans le calcul selon les parties adéquates de l'EN 1991.

NOTE 1 Les parties adéquates de EN 1991 pour une utilisation en calcul comprennent :

EN 1991-1-1, Densités, poids propre et charges imposées

EN 1991-1-3, Charges de neige

EN 1991-1-4, Charges de vent

EN 1991-1-5, Actions thermiques

EN 1991-1-6, Actions en cours d'exécution

EN 1991-1-7, Actions accidentelles dues aux impacts et explosions

EN 1991-2, Charges de trafic sur les ponts.

2.3.1.2 Classes de durée de chargement

(1) Il convient de considérer les actions variable dues au trafic de véhicules et au passage de piétons comme des actions de court terme.

NOTE Des exemples d'affectation de durée de chargement sont donnés dans le tableau 2.1 de l'article 2.3.1 de l'EN 1995-1-1. Pour les actions en cours d'exécution, il est recommandé de les affecter à la classe de durée de chargement de court terme. Des affectations différentes peuvent être données dans l'Annexe Nationale.

(2) Il convient de considérer les forces initiales de précontrainte transversale comme des actions de court terme.

2.4 Vérification par la méthode des coefficients partiels

2.4.1 Valeur de calcul d'une propriété de matériau

NOTE Pour les combinaisons fondamentales, les valeurs recommandées des coefficients partiels pour les propriétés des matériaux, γ_M , sont données dans le tableau 2.1. Pour les combinaisons accidentelles, la valeur recommandée pour les coefficients partiels des matériaux est $\gamma_M = 1,0$.

Des informations relatives aux valeurs définies au niveau national peuvent être trouvés dans l'Annexe Nationale.

Table 2.1 — Valeurs recommandées des coefficients partiels pour les propriétés des matériaux

1. Bois et matériaux dérivés du bois	
— Vérifications générales	
- Bois massif	$\gamma_M = 1,3$
- Bois lamellé-collé	$\gamma_M = 1,25$
- LVL, contreplaqué, OSB	$\gamma_M = 1,2$
— Vérification en fatigue	$\gamma_{M,fat} = 1,0$
2. Assemblages	
— Vérifications générales	$\gamma_M = 1,3$
— Vérification en fatigue	$\gamma_{M,fat} = 1,0$
3. Acier utilisé dans des éléments mixtes	$\gamma_{M,s} = 1,15$
4. Béton utilisé dans des éléments mixtes	$\gamma_{M,c} = 1,5$
5. Connecteurs bois-béton	
— Vérifications générales	$\gamma_{M,v} = 1,25$
— Vérification en fatigue	$\gamma_{M,v,fat} = 1,0$
6. Éléments métalliques de précontrainte	$\gamma_{M,s} = 1,15$

Section 3 Propriétés des matériaux

(1) P Les aciers de précontrainte doivent être conformes à l'EN 10138-1 et l'EN 10138-4.

PROJET DE NORME MAROCAINE

Section 4 Durabilité

4.1 Bois

(1) Il convient de prendre en compte les effets des intempéries, du vent et des rayonnements solaires.

NOTE 1 Les effets de l'exposition directe des éléments structuraux bois aux intempéries ou aux rayonnements solaires peuvent être réduits par des dispositions constructives adéquates, par l'utilisation d'essence ayant une durabilité naturelle suffisante, ou par traitement de préservation des bois contre les attaques biologiques.

NOTE 2 Quand la couverture totale ou partielle des éléments porteurs principaux n'est pas possible, la durabilité peut être améliorée par l'une ou plusieurs des mesures suivantes :

- Limitation de la stagnation de l'eau sur les surfaces en bois en choisissant des pentes adaptées ;
- Limitation des ouvertures, des inserts, etc., qui peuvent engendrer des accumulations ou des infiltrations d'eau ;
- Limitation de l'absorption directe d'eau (par exemple, par capillarité au dessus des massifs de fondations) en utilisant des barrières d'étanchéité adaptées ;
- Limitation des risques de fissuration et de délamination, en particulier dans les zones d'about exposées, en mettant en œuvre des revêtements d'étanchéité et/ou des couvertures appropriées ;
- Limitation des variations dimensionnelles dues à l'humidité en s'assurant d'un taux d'humidité à la pose approprié à la climatologie du site et en utilisant une protection de surface réduisant les variations de ce taux en service ;
- Conception géométrique de la structure permettant une ventilation naturelle des éléments en bois.

NOTE 3 Le risque d'atteindre un taux d'humidité élevé près du sol, par exemple dû aux projections d'eau ou à la végétation qui réduit la ventilation des bois proches du sol, peut être réduit par l'une ou plusieurs des mesures suivantes :

- limitation de la végétation par une couche de gravier ou équivalent ;
- augmentation des distances entre les éléments bois et le niveau du sol.

(2) P Pour les éléments bois soumis à l'abrasion due au trafic, la hauteur utilisée pour les calculs doit être égale à la valeur minimale autorisée avant remplacement.

4.2 Résistance à la corrosion

(1) L'article 4.2 de la norme EN 1995-1-1 s'applique aux organes d'assemblages. Pour les autres éléments en acier, il convient d'avoir une durabilité conformément à la norme EN 1993-2.

NOTE Un exemple de conditions agressives pour les ponts bois correspond au cas où l'utilisation de sels de déverglaçage corrosifs ne peut pas être exclue.

(2) P La possibilité de contraintes de corrosion doit être prise en compte.

(3) Il convient que les composants métalliques confinés dans le béton, tels que les armatures ou les câbles de précontrainte, soient protégés conformément aux normes EN 1992-1-1, article 4.4.1, et EN 1992-2.

(4) Il convient de prendre en compte l'effet du traitement chimique du bois, ou du bois ayant une acidité élevée, sur la protection à la corrosion des organes d'assemblages.

4.3 Protection par étanchéité des tabliers bois

(1) P L'élasticité des revêtements d'étanchéité doit être compatible avec les déformations du tablier bois.

Section 5 Bases de l'analyse de structure

5.1 Dalles lamellées

5.1.1 Généralités

(1) Il convient de baser l'analyse des dalles lamellées sur l'une des méthodes suivantes :

- la théorie des plaques orthotropes ;
- une modélisation du tablier par un réseau de poutre ;
- une méthode simplifiée définie à l'article 5.1.3.

NOTE Pour le calcul des dalles lamellées en bois résineux, il convient d'utiliser les propriétés du système global données dans le tableau 5.1 lorsqu'une méthode avancée est employée. Le coefficient de Poisson ν peut être pris égal à zéro.

Table 5.1 — Propriétés du système pour les dalles lamellées

Type de dalle	$E_{90,mean}/E_{0,mean}$	$G_{0,mean}/E_{0,mean}$	$G_{90,mean}/G_{0,mean}$
Lamellée clouée	0	0,06	0,05
Lamellée précontrainte :			
— lamelles sciées	0,015	0,06	0,08
— lamelles rabotées planed	0,020	0,06	0,10
Lamellée collée	0,030	0,06	0,15

(2) Pour les hourdis lamellé croisé, voir Figure 1.3, il convient de prendre en compte les déformations de cisaillement.

5.1.2 Charges verticales concentrées

(1) Il convient de considérer les charges au niveau du feuillet moyen de la dalle en bois.

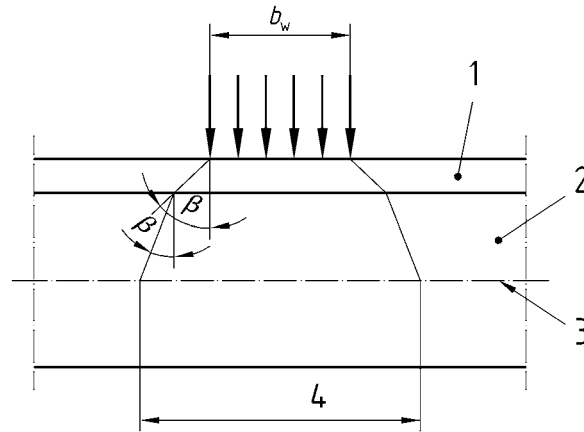
(2) Pour les charges concentrées, il convient de prendre en compte une surface de chargement effective au niveau du feuillet moyen, voir figure 5.1,

où :

b_w est la largeur de la surface chargée sur la chaussée ;

$b_{w,middle}$ est la largeur de la surface chargée au niveau du feuillet moyen de la dalle en bois ;

β est l'angle de diffusion défini dans le tableau 5.2.



légende

- 1 Revêtement de chaussée
- 2 Dalle en bois
- 3 Référence au niveau du feuillet moyen du tablier bois
- 4 $b_{w,middle}$

Figure 5.1 — Diffusion des charges concentrées sur de largeur b_w en surface

Table 5.2 – Angle de diffusion β des charges concentrées pour différents matériaux

Chaussée (conformément à l'EN 1991-2 article 4.3.6)	45°
Panneaux et planches	45°
Dalle en bois :	
dans la direction du fil	45°
perpendiculairement au fil	15°
Contreplaqué et dalles lamellées croisées	45°

5.1.3 Analyse simplifiée

(1) Il convient de remplacer la dalle lamellée par une ou plusieurs poutres dans le sens des lamelles dont la largeur effective b_{ef} est calculée selon :

$$b_{ef} = b_{w,middle} + a \quad \dots (5.1)$$

où :

$b_{w,middle}$ est définie selon 5.1.2(2) ;

a est une largeur additionnelle donnée dans le tableau 5.3.

Tableau 5.3 — Largeur a (m) pour déterminer la largeur effective de la poutre équivalente

Système structural	a m
Dalle	
lamellée clouée	0,1
précontrainte ou lamellée collée	0,3
lamellée croisée	0,5
Tablier mixte bois-béton	0,6

5.2 Éléments mixtes

(1) P L'analyse des tabliers mixtes doit prendre en compte l'influence du glissement des connexions.

NOTE Voir article 8.2.

5.3 Éléments bois-béton

(1) Il convient de calculer l'élément en béton selon la norme EN 1992-2.

(2) Il convient de dimensionner les organes d'assemblages métalliques et les liaisons clavetées pour transmettre toutes les sollicitations induites par le comportement mixte du tablier. Entre le béton et le bois, les effets de frottements et d'adhérence ne peuvent pas être pris en compte sans la réalisation d'une étude spécifique.

(3) Pour les tabliers mixtes avec poutres bois et hourdis béton, il convient de définir la largeur effective de la table de compression en béton selon :

$$b_{ef,c} = b + b_{ef,1} + b_{ef,2} \quad \dots (5.2)$$

où :

b est la largeur de la poutre bois ;

$b_{ef,1}$, $b_{ef,2}$ sont les largeurs effectives de la dalle béton définies de façon analogique à une section en T en béton selon l'article 5.3.2.1 de la norme EN 1992-1-1.

(4) P Pour les vérifications à l'état limite ultime, la fissuration de la plaque béton doit être prise en compte.

(5) Il convient de tenir compte de la rigidité du béton entre fissures. Pour un calcul simplifié, il convient de considérer que la rigidité de la partie fissurée de la section transversale est égale à 40 % de la rigidité avant fissuration. Dans ces zones fissurées, il convient de disposer une section adéquate d'armatures.

Section 6 États limites ultimes

6.1 Tabliers

6.1.1 Effet système

(1) Les règles données dans l'article 6.7 de la norme EN 1995-1-1 s'appliquent.

(2) Il convient de calculer les capacités résistantes de calcul en flexion et en cisaillement de la dalle selon :

$$f_{m,d,deck} = k_{sys} f_{m,d,dam} \quad \dots (6.1)$$

$$f_{v,d,deck} = k_{sys} f_{v,d,dam} \quad \dots (6.2)$$

où :

$f_{m,d,lam}$ est la résistance de calcul en flexion des lamelles ;

$f_{v,d,lam}$ est la résistance de calcul en cisaillement des lamelles ;

k_{sys} est le coefficient système, voir la norme EN 1995-1-1. Pour les tabliers de ponts correspondant à la figure 1.2-d de la présente norme, il convient d'utiliser la courbe 1 de la figure 6.12 de l'EN 1995-1-1.

Pour le calcul de k_{sys} , il convient de prendre le nombre de lamelles chargées égal à :

$$n = \frac{b_{ef}}{b_{lam}} \quad \dots (6.3)$$

où :

b_{ef} est la largeur effective ;

b_{lam} est la largeur des lamelles.

(3) Il convient de prendre en compte une largeur effective b_{ef} définie par (voir figure 6.1) :

$$b_{ef} = \frac{M_{max,beam}}{m_{max,plate}} \quad \dots (6.4)$$

où :

$M_{max,beam}$ est le moment maximal de flexion dans une poutre associée à la dalle ;

$m_{max,plate}$ est le moment maximal de flexion calculé selon la théorie des plaques.

NOTE L'article 5.1.3 donne une approche simplifiée pour déterminer la largeur effective.

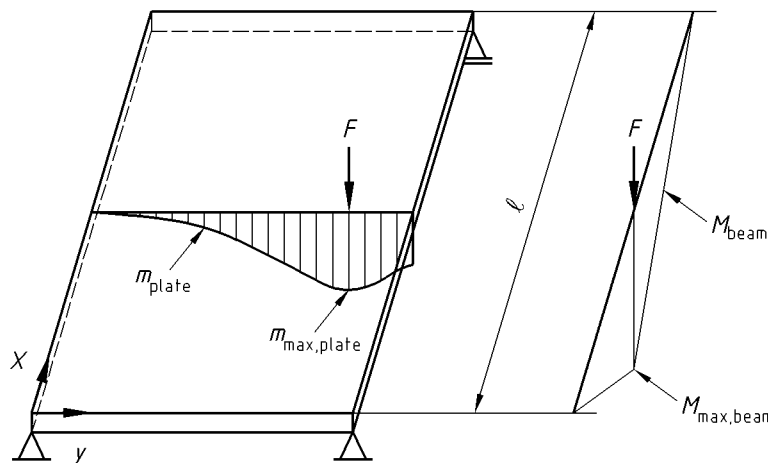


Figure 6.1 — Illustration de la distribution du moment de flexion dans une plaque pour déterminer la largeur effective

6.1.2 Dalles précontraintes

(1) P Les efforts de précontrainte à long terme doivent être tels qu'il n'apparaît aucun glissement entre lamelles.

(2) Il convient de vérifier la condition suivante :

$$F_{v,ed} \leq \mu_d \sigma_{p,min} h \quad \dots (6.5)$$

où :

$F_{v,Ed}$ est la valeur de calcul de l'effort de cisaillement, par unité de longueur, induit par les actions verticales et horizontales ;

μ_d est la valeur de calcul du coefficient de frottement ;

$\sigma_{p,min}$ est la contrainte de compression résiduelle à long terme due à la précontrainte ;

h est l'épaisseur de la plaque.

(3) Il convient que le coefficient de frottement tienne compte de l'influence des facteurs suivants :

- Des essences de bois ;
- De la rugosité des surfaces en contact ;
- Du traitement du bois ;
- Du taux de contrainte résiduelle entre lamelles.

(4) En l'absence de valeurs établies, il convient de prendre la valeur de calcul du coefficient de frottement, μ_d , à partir du tableau 6.1 pour le frottement entre lamelles de bois résineux ou entre bois résineux et béton. Pour un taux d'humidité compris entre 12 et 16 %, la valeur peut être obtenue par interpolation linéaire.

(5) Dans les zones de chargement concentré, il convient que la valeur résiduelle à long terme de la contrainte de compression, $\sigma_{p,min}$, due à la précontrainte ne soit pas inférieure à 0,35 N/mm².

(6) La valeur résiduelle à long terme du taux de précontrainte peut être considérée supérieure à 0,35 N/mm², à condition que :

- Le taux de précontrainte initial soit au moins égal à 1,0 N/mm² ;
- Le taux d'humidité des lamelles ne soit pas supérieur à 16 % au moment de la réalisation de la précontrainte ;
- La variation du taux d'humidité en service du hourdis du tablier est limitée par une protection adéquate, par exemple une couche d'étanchéité.

Table 6.1 — Valeurs de calcul du coefficient de frottement μ_d

État de rugosité des lamelles en contact	Perpendiculairement au fil du bois		Parallèlement au fil du bois	
	Taux d'humidité ≤ 12 %	Taux d'humidité ≥ 16 %	Taux d'humidité ≤ 12 %	Taux d'humidité ≥ 16 %
	bois sciés	0,30	0,45	0,23
bois rabotés	0,20	0,40	0,17	0,30
bois scié contre bois raboté	0,30	0,45	0,23	0,35
bois et béton	0,40	0,40	0,40	0,40

(7) Il convient que les efforts résultants de précontrainte soient centrés sur la section transversale du bois.

(8) P La contrainte de compression transversale doit être vérifiée dans la zone d'ancrage lors de la phase de mise en précontrainte.

(9) Il convient de prendre la valeur de 1,3 pour le facteur $k_{c,90}$ défini par la norme EN 1995-1-1.

(10) Il convient de positionner les joints d'about de telle sorte que, sur une distance ℓ_1 , il n'existe qu'un seul about toutes les quatre lamelles. La distance ℓ_1 est égale à :

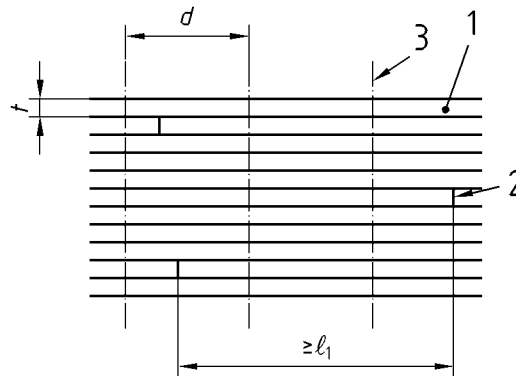
$$\ell_1 = \min \begin{cases} 2d \\ 30t \\ 1,2 \text{ m} \end{cases} \quad \dots (6.6)$$

où :

d est la distance entre éléments de précontrainte ;

t est l'épaisseur des lamelles dans la direction de précontrainte.

(11) Pour le calcul de la résistance longitudinale des dalles précontraintes, il convient de réduire la section proportionnellement au nombre de joints d'about présents sur une distance égale à 4 fois l'épaisseur des lamelles dans la direction de précontrainte.



Légende

- 1 Lamelle
- 2 Joint d'about
- 3 Élément de précontrainte

Figure 6.2 — Joints d'about au sein des dalles précontraintes

6.2 Fatigue

(1)P Pour les structures ou les éléments structuraux et les assemblages soumis à de fréquentes variations de sollicitations dues au trafic ou au vent, il doit être vérifié que les effets de fatigue n'engendrent aucune rupture ou endommagement important.

NOTE 1 Une vérification en fatigue n'est généralement pas requise pour les passerelles piétonnes.

NOTE 2 Une méthode simplifiée est donnée dans l'annexe A (informative).

Section 7 États limites de service

7.1 Généralités

(1) Il convient d'utiliser la valeur moyenne du poids volumique pour les calculs en service.

7.2 Valeurs limites pour les flèches

NOTE Pour les poutres, les plaques ou les treillis de portée ℓ , le tableau 7.1 donne l'intervalle des valeurs limites pour les déformations dues aux seules charges de trafic. Les valeurs recommandées sont soulignées et des choix nationaux peuvent être donnés dans l'Annexe Nationale.

Table 7.1 — Valeurs limites des déformations de poutres, plaques et treillis

Type d'action	Intervalle de valeurs limites
Charge caractéristique de trafic	<u>$\ell/400$</u> à $\ell/500$
Charges piétonnières et faibles charges de trafic	<u>$\ell/200$</u> à $\ell/400$

7.3 Vibrations

7.3.1 Vibrations induites par les piétons

(1) Pour les critères de confort, il convient d'appliquer l'EN1990:2002/A1.

(2) En l'absence de valeurs établies, il convient de prendre le coefficient d'amortissement égal à :

- $\zeta = 0,010$ pour les structures sans assemblages mécaniques ;
- $\zeta = 0,015$ pour les structures comportant des assemblages mécaniques.

NOTE 1 Pour des ouvrages spécifiques, l'Annexe Nationale peut spécifier d'autres valeurs d'amortissement.

NOTE 2 Une méthode simplifiée est donnée dans l'annexe B pour des poutres et des treillis simplement appuyés.

7.3.2 Vibrations induites par le vent

(1)P La norme EN 1991-1-4 s'applique.

Section 8 Assemblages

8.1 Généralités

(1) Pour les ponts, il convient de ne pas utiliser les systèmes suivants :

- Pointes sollicitées axialement ;
- Assemblages par agrafes ;
- Liaisons par plaques métalliques embouties (connecteurs à dents).

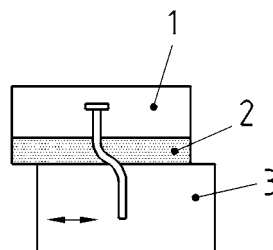
(2) Il convient de prendre en compte les effets de fatigue, voir l'article 6.2.

8.2 Connexions bois-béton pour les poutres mixtes

8.2.1 Organes de type tige sollicités latéralement

(1) Il convient de ne pas prendre en compte l'effet de corde.

(2) Dans le cas où il existe une couche intermédiaire non structurale entre le bois et le béton (par exemple pour le coffrage, voir figure 8.1), il convient de définir les propriétés de résistance et de rigidité par une étude spécifique ou par essais.



Légende

- 1 Béton
- 2 Couche intermédiaire non structurale
- 3 Bois

Figure 8.1 — Couche intermédiaire entre le béton et le bois

8.2.2 Liaisons clavetées

(1) Pour les liaisons clavetées, voir figure 1.1, il convient d'assurer le transfert d'effort de cisaillement par contact entre le bois et la clavette en béton.

(2) Il convient de vérifier que la résistance des composants bois et béton soit suffisante.

(3)P Le bois et le béton doivent être connectés pour éviter tout décollement.

(4) Entre le bois et le béton, il convient de concevoir une liaison capable d'équilibrer un effort de traction d'une intensité égale à :

$$F_{Ed} = 0,1 F_{v,Ed} \quad \dots (8.1)$$

où :

F_{Ed} est la valeur de calcul de l'effort de traction entre le bois et le béton ;

$F_{v,Ed}$ est la valeur de calcul de l'effort de cisaillement entre le bois et le béton.

Section 9 Détails structuraux et contrôle

(1)P Les règles données dans la section 10 de la norme EN 1995-1-1 s'appliquent également aux éléments structuraux des ponts, à l'exception des articles 10.8 et 10.9.

(2) Avant la mise en œuvre d'un revêtement d'étanchéité sur le tablier, il convient de s'assurer qu'il soit sec et que son état de surface correspond aux exigences de pose du revêtement d'étanchéité.

PROJET DE NORME MAROCAINE

Annexe A

(informative)

Vérification à la fatigue

A.1 Généralités

(1) Cette méthode simplifiée considère un modèle de charge de fatigue d'amplitude constante pour représenter les effets de fatigue du spectre réel de chargement.

NOTE Pour considérer une amplitude variable de contraintes, une approche avancée peut être basée sur la théorie d'endommagement avec cumul linéaire (Hypothèse de Palmgren-Miner).

(2) Il convient d'établir les niveaux de contraintes à partir d'une analyse élastique de la structure, en tenant compte des assemblages rigides ou semi rigides et des effets secondaires dus aux déformations et aux distorsions.

(3) Il convient d'effectuer une vérification en fatigue si le taux de travail κ défini par la relation (A.1) est supérieur à :

— Pour les éléments structuraux :

- Compression perpendiculaire ou parallèle au fil : 0,6
- flexion ou traction : 0,2
- cisaillement : 0,15

— Pour les assemblages :

- Broches : 0,4
- Pointes : 0,1
- Autres : 0,15

où :

$$\kappa = \frac{|\sigma_{d,max} - \sigma_{d,min}|}{\gamma_{M,fat} f_k} \quad \dots (A.1)$$

$\sigma_{d,max}$ est la contrainte de calcul maximale pour le modèle de charge de fatigue ;

$\sigma_{d,min}$ est la contrainte de calcul minimale pour le modèle de charge de fatigue ;

f_k est la résistance caractéristique correspondante ;

$\gamma_{M,fat}$ est le coefficient partiel en fatigue.

A.2 Sollicitation de fatigue

(1) Le modèle de charge de fatigue est établi à partir de charges réduites comparativement au modèle de calcul statique. Il convient que ce modèle définisse les contraintes maximales et minimales au sein des éléments structuraux.

(2) Il convient d'établir le chargement de fatigue dû au trafic à partir des spécifications du projet et selon la norme EN 1991-2.

(3) Il convient de considérer le nombre de cycles d'amplitude constante par an, N_{obs} , à partir du tableau 4.5 de la norme EN 1991-2 ou, s'il existe des informations détaillées sur le trafic réel, de le prendre égal à :

$$N_{obs} = 365 n_{ADT} a \quad \dots (A.2)$$

où :

N_{obs} est le nombre de cycles par an d'amplitude constante ;

n_{ADT} est la moyenne annuelle du trafic journalier escompté au cours de la durée d'utilisation de projet ; la valeur de n_{ADT} ne doit pas être inférieure à 1 000 ;

a est le pourcentage escompté de convois lourds franchissant le pont, voir l'article 4.6 de la norme EN 1991-2 (en général, $a = 0,1$).

A.3 Justifications

(1) En l'absence de modèle de calcul défini ci-après ou d'étude spécifique, il convient de limiter le taux de travail κ aux valeurs définies dans l'article précédent A1(3).

(2) Pour un chargement d'amplitude constante, il convient de définir le critère de fatigue par :

$$\sigma_{d,max} \leq f_{fat,d} \quad \dots (A.3)$$

où :

$\sigma_{d,max}$ est la contrainte de calcul maximale pour le modèle de charge de fatigue ;

$f_{fat,d}$ est la résistance de calcul en fatigue.

(3) Il convient de considérer la résistance de calcul en fatigue égale à :

$$f_{fat,d} = k_{fat} \frac{f_k}{\gamma_{M,fat}} \quad \dots (A.4)$$

où :

f_k est la valeur caractéristique de la résistance statique ;

k_{fat} est un facteur prenant en compte la réduction de résistance selon le nombre de cycles de chargement.

(4) Il convient d'établir la valeur du facteur k_{fat} selon :

$$k_{fat} = 1 - \frac{1-R}{a(b-R)} \log \left(\beta N_{obs} t_L \right) \geq 0 \quad \dots (A.5)$$

où :

$$R = \sigma_{d,min} / \sigma_{d,max} \quad \text{avec} \quad -1 \leq R \leq 1 ; \quad \dots (A.6)$$

$\sigma_{d,min}$ est la contrainte de calcul minimale pour le modèle de charge de fatigue ;

$\sigma_{d,max}$ est la contrainte de calcul maximale pour le modèle de charge de fatigue ;

N_{obs} est le nombre de cycles par an d'amplitude constante ;

t_L est la durée d'utilisation de projet pour la structure étudiée selon la norme EN 1990:2002 (en général, 100 ans) ;

β est un coefficient dépendant des conséquences de l'endommagement de l'élément structural étudié ;

a, b sont des coefficients fonctions du type de sollicitation de fatigue selon le tableau A.1.

Il convient de considérer les valeurs suivantes pour le coefficient β :

— Conséquences importantes : $\beta = 3$

— Sans conséquences importantes : $\beta = 1$

Annexe B
(informative)
Vibrations induites par les piétons

B.1 Généralités

(1) Les règles données dans cette annexe s'appliquent aux passerelles bois constituées de poutres ou treillis simplement appuyés et soumises aux effets du trafic de piétons.

NOTE Des règles équivalentes seront intégrées dans la version future de la norme EN 1991-2.

B.2 Vibrations verticales

(1) Pour une personne traversant le pont, il convient de considérer l'accélération verticale $a_{\text{vert},1}$ en m/s^2 selon la relation :

$$a_{\text{vert},1} = \begin{cases} \frac{200}{M\zeta} & \text{pour } f_{\text{vert}} \leq 2,5 \text{ Hz} \\ \frac{100}{M\zeta} & \text{pour } 2,5 \text{ Hz} < f_{\text{vert}} \leq 5,0 \text{ Hz} \end{cases} \quad \dots \text{ (B.1)}$$

- où :
- M est la masse totale du pont (en kg), donnée par $M = m\ell$;
 - ℓ est la portée du pont ;
 - m est la masse du pont par unité de longueur (poids propre) en kg/m ;
 - ζ est le coefficient d'amortissement ;
 - f_{vert} est la fréquence fondamentale pour les modes de déformations verticales du pont.

(2) Dans le cas d'un groupe de piétons traversant le pont, il convient de calculer l'accélération verticale $a_{\text{vert},n}$ en m/s^2 à partir de la relation :

$$a_{\text{vert},n} = 0,23 a_{\text{vert},1} n k_{\text{vert}} \quad \dots \text{ (B.2)}$$

- où :
- n est le nombre de piétons ;
 - k_{vert} est un coefficient définie par la figure B.1 ;
 - $a_{\text{vert},1}$ est l'accélération verticale induite par un piéton traversant le pont, déterminée selon la relation (B.1).

Il convient de considérer un nombre de piétons, n , égal à :

- $n = 13$ pour un groupe isolé de piétons ;
- $n = 0,6 A$ pour un flot continu de piétons.

où A est la surface du tablier en m^2 .

(3) Pour prendre en compte l'éventualité de piétons courant sur le pont, il convient de définir l'accélération verticale, $a_{\text{vert},1}$, induite par une personne courant sur le pont par :

$$a_{\text{vert},1} = \frac{600}{M\zeta} \quad \text{pour } 2,5 \text{ Hz} < f_{\text{vert}} \leq 3,5 \text{ Hz} \quad \dots \text{ (B.3)}$$

B.3 Vibrations horizontales

(1) Pour une personne traversant le pont, il convient de calculer l'accélération horizontale $a_{hor,1}$ en m/s^2 selon la relation :

$$a_{hor,1} = \frac{50}{M_{\zeta}} \quad \text{pour } 0,5 \text{ Hz} \leq f_{hor} \leq 2,5 \text{ Hz} \quad \dots \text{ (B.4)}$$

où f_{hor} est la fréquence fondamentale de vibration horizontale du pont.

(2) Lorsque plusieurs personnes traversent le pont, il convient de calculer l'accélération horizontale $a_{hor,n}$ selon :

$$a_{hor,n} = 0,18 a_{hor,1} n k_{hor} \quad \dots \text{ (B.5)}$$

où :

k_{hor} est un coefficient défini par la figure B.2.

Il convient de prendre le nombre de piétons, n , égal à :

- $n = 13$ pour un groupe isolé de piétons;
- $n = 0,6 A$ pour un passage continu de piétons,

où A est la surface du tablier du pont en m^2 .

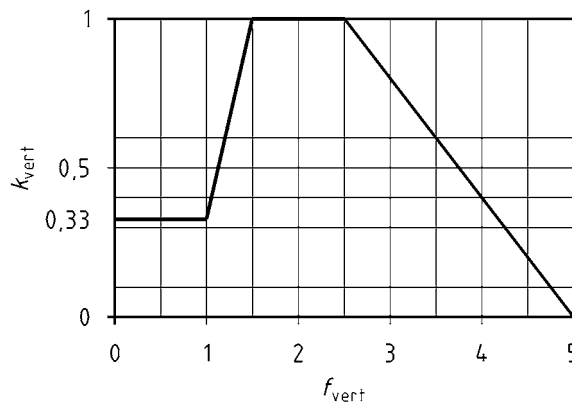


Figure B.1 — Relation entre la fréquence fondamentale de vibration verticale f_{vert} et le coefficient k_{vert}

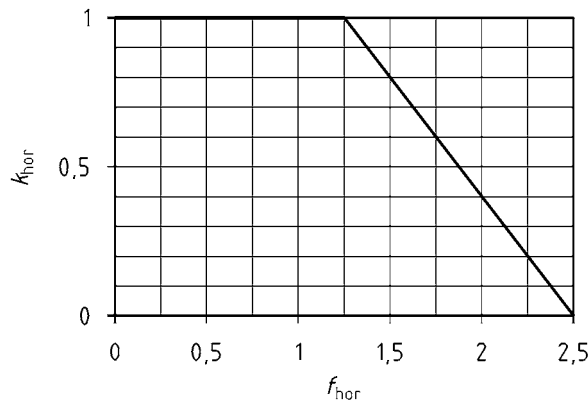


Figure B.2 — Relation entre la fréquence fondamentale de vibration horizontale f_{hor} et le coefficient k_{hor}

Conception et calcul des structures en bois**BNTEC P21A****Membres de la commission de normalisation**

Président : M TRINH

Secrétariat : M LIGOT — IRABOIS/BNTEC

M	BAYLE	ROBOBAT
M	BENARD	CAPEB
M	BOCQUET	ENSTIB
M	BRABANT	AGINCO
M	CABATON	FARGEOT lamellé-collé
M	CALVI	IBC
M	CHEVALDONNET	U.F.C
M	DAVID	CSTB
M	De SAINT QUENTIN	AFCOBOIS
M	DHIMA	CSTB
M	DIELMAN	SNCF
M	DUBUISSON	B.E.T DUBUISSON
M	FAHRNER	SOCOTEC
M	FLORENTIN	CTBA
M	FURNON	MITEK
M	GAIFFE	UIPP
M	HERVE	SOCOTEC A.N.C
M	LAMADON	Bureau VERITAS
M	LAURENT	CCL
M	LEGOVIC	CEBTP
M	LEMAGOROU	CTBA
M	LEPAUL	Paris-Ouest Construction
M	LETSCHER	EDF
M	LIGOT	
M	MATHIS	SIMPSON STRONG TIE
M	MILLEREUX	FIBC
M	NGUYEN	STAC
MME	PATROUILLEAU	AFNOR
M	PERCET	A.O.C.D.T.F
M	PERNIER	METL/DAEI
M	PINÇON	FFB/ BNTEC
M	RACHER	CUST
M	ROUGER	CTBA
M	SAUVAGE	IRABOIS/BNTEC
M	SAUVIGNET	BARLET FRERES SA
M	SCHWARTZ	ESD TECHNOLOGIE
MLLE	SURLEAU	SYMOB
M	TEPHANY	MINISTERE DE L'INTERIEUR — DDSC
M	TEYSSANDIER	
M	TRINH	APAVE
M	WIELEZYNSKI	BNBA

Avant-propos

(1) La présente Annexe Nationale définit les conditions de l'application sur le territoire français de la norme NF EN 1995-2:2005, laquelle reproduit la norme européenne EN 1995-2:2004 : Eurocode 5 — Conception et calcul des structures en bois — Partie 2 : Ponts, avec ses annexes A, B, ratifiée par le Comité Européen de Normalisation le 26 août 2004 et mise à disposition le 24 novembre 2004.

(2) La présente Annexe Nationale a été préparée par la commission de normalisation P21A.

(3) La présente Annexe Nationale :

— fournit des «paramètres déterminés au plan national» (NDP) pour les clauses suivantes de la norme européenne EN 1995-2:2004 autorisant un choix national :

2.3.1.2(1)

2.4.1

7.2

7.3.1(2)

— fixe les conditions d'emploi des annexes informatives A et B de la norme, pour les ponts.

— fournit des informations complémentaires non contradictoires pour faciliter l'application de la norme NF EN 1995-2:2005 aux ponts.

(4) Les clauses citées sont celles de la norme européenne EN 1995-2:2004.

(5) La présente Annexe Nationale est prévue pour être utilisée avec la norme NF EN 1995-2:2005 pour le calcul de ponts neufs, associée aux normes européennes EN 1990 à EN 1999 complétées par leurs Annexes Nationales (normes NF EN 1990 à NF EN 1999). En attendant la publication de l'ensemble des Eurocodes, les «paramètres déterminés au plan national» sont, lorsqu'il y a lieu, définis pour chaque projet individuel.

(6) Quand la norme NF EN 1995-2:2005 est rendue applicable dans un marché public ou privé, l'Annexe Nationale est également applicable, sauf mention contraire dans les documents contractuels.

(7) Pour la durée d'utilisation de ce projet à considérer dans la présente Annexe Nationale, voir la définition donnée par la NF EN 1990 et son Annexe Nationale. En aucun cas cette durée ne peut être confondue avec celle définie par les textes législatifs et réglementaires traitant des responsabilités et des garanties.

(8) Dans un but de clarification, les «paramètres déterminés au plan national» sont encadrés. Le reste du texte consiste en des compléments à caractère non-contradictoire pour l'application de la norme européenne.

Annexe nationale

(normative)

AN 1 Application nationale des clauses de la norme européenne

Clause 2.3.1.2 (1) Classes de durée de chargement

Pour le calcul des ponts et passerelles, le tableau 2.2 de la norme européenne EN 1995-1-1:2004 est remplacé par le tableau suivant :

Tableau 2.2 Exemples d'affectations de classes de durée de chargement

Classe de durée de chargement	Exemple de chargement
Permanent	Poids propre
Long terme	Équipements fixes
Moyen terme	Charge de neige $H \geq 1\ 000$ m
Court terme	Charges de trafic caractéristiques Charges piétonnes Charge de neige $H < 1\ 000$ m Charges d'exécution et d'entretien Actions thermiques
Instantané	Situations ou actions accidentelles Neige exceptionnelle Vent

Liste non exhaustive.

Clause 2.4.1 Coefficients partiels pour les propriétés des matériaux

Les valeurs recommandées données dans le tableau 2.1 sont adoptées excepté pour la vérification de la résistance interne des pièces métalliques et des assemblages métal /métal pour lesquels on se reportera à la norme NF EN 1993-2.

Pour les combinaisons accidentelles on utilisera un coefficient $\gamma_M = 1,0$.

Clause 7.2 : Valeurs limites pour les flèches

Le tableau 7.1 de la norme européenne NF EN 1995-2:2005, est remplacé par le tableau suivant :

Tableau 7.1 NA — Valeurs des déformations de poutres, plaques et treillis

Type d'action	Valeurs de flèches limites
Charges caractéristiques de trafic	$l/400$
Charges piétonnières et faibles charges de trafic	$l/200$

Clause 7.3.1 (2) : Coefficients d'amortissement

note 1 : Les coefficients d'amortissement indiqués dans la NF EN 1995-2:2005 sont adoptés.

Pour des ouvrages particuliers, sous réserve de justifications, on pourra utiliser des coefficients différents sans dépasser $\zeta = 0,030$.

note 2 : La méthode simplifiée donnée dans l'annexe B reste informative.

AN 2 Application nationale de l'Annexe A

— L'Annexe A conserve pour l'application nationale de cette norme, un caractère informatif.

AN 3 Application nationale de l'Annexe B

— L'Annexe B conserve, pour l'application nationale de cette norme, un caractère informatif.